

10 / 501061

PCT/JP03/00110

09 JUL 2004

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

09.01.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月19日

REC'D 07 MAR 2003

WIPO

PCT

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-077132

[ST.10/C]:

[JP2002-077132]

出 願 人

Applicant(s):

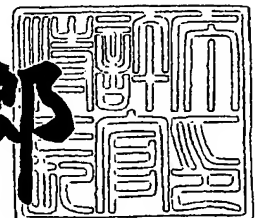
セイコーエプソン株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 2月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3008178

【書類名】 特許願

【整理番号】 EP0136

【提出日】 平成14年 3月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04N 1/40
H04N 1/60

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン
株式会社内

【氏名】 荒井 佳文

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代表者】 草間 三郎

【代理人】

【識別番号】 100097490

【弁理士】

【氏名又は名称】 細田 益稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 082578

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0016989

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 色補正テーブル生成方法、画像処理装置、画像処理方法、プログラムおよび記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて、前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つように色変換する色補正テーブルを生成する方法。

【請求項2】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いて画像処理を行う、画像処理装置。

【請求項3】 請求項2に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度が、当該平滑化前の色データが示す彩度に比べて低くなる色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項4】 請求項3に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率が、前記平滑化前の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率に比べて小さくなる色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項5】 請求項2または3に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、最大彩度を示す色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項6】 請求項2または3に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、色データを構成する複数の要素色のうち少なくとも一

色を構成色として含まない色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項7】 請求項2乃至6のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率と、前記平滑化前の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率とをほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項8】 請求項2乃至7のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項9】 請求項2乃至8のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、仮想CMYにおけるねじれ量に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項10】 請求項2乃至9のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記インク量空間と前記3次元化された仮想CMY空間の両方でねじれを補正することによって、次元圧縮前後の空間の連続性を保持しつつねじれ補正を行える画像処理装置。

【請求項11】 請求項2乃至10のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、目的のインク量からの離れ程度に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項12】 請求項2乃至11のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、目的の仮想CMYからの離れ程度に基づく評価関

数を有している画像処理装置。

【請求項13】 請求項12に記載の画像処理装置であって、

前記色補正テーブルは、前記目的の仮想CMYにおいて、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する、画像処理装置。

【請求項14】 請求項2乃至13のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、インク量制限をこえる程度に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項15】 請求項2乃至14のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、インク量が負になったことに基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項16】 請求項2乃至15のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、

前記平滑化程度評価関数が、インクの発生に基づく評価関数を有している画像処理装置。

【請求項17】 色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いて画像処理を行う、画像処理方法。

【請求項18】 画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いた画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項19】 請求項18に記載のプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像データの色補正の連続性を高めつつ、彩度を保つことが可能な色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用いる画像処理装置、画像処理方法、プログラムおよび記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

スキャナ、モニタ、プリンタ、プロジェクタなどの色再現装置では、自己発光か反射かの違いや、階調表現法の違い、用いる原色の違いなどによって色再現特性が異なるため、同じRGB値、または、CMY値、あるいは、CMYK値を入力しても再現される色が大きく異なる。したがって、異なる色再現装置で同じ色を再現するためには、色を装置の特性とは無関係に表現できる装置非依存（Device-Independent）の空間で表し、その空間で同じになるように実際のインク量や、モニタRGB値などを決定するいわゆる色管理（Color Management）を行う必要がある。

【0003】

例えば、カラープリンタの場合、スキャナ、プリンタ、モニタなどのRGB値が国際規格であるsRGB値であるという仮定のもとに、規格に従って計算されるLab値を計算し、プリンタで再現可能な色の内で最もそのLab値に近い値を持つような色を再現するためのインクの組み合わせに色変換する。そして予め定められたRGBの格子間隔でこの変換を行い、RGB値からインク量の色変換を行う色補正テーブル（LUT）を予め作成し、プリンタドライバーなどに搭載することで、所望の色を再現できるようにするのが一般的である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

一般にプリンタの色再現特性は入力RGB値に対してどのようなインクの組み合わせを使うか（以下これを「分版」と呼ぶ）の特性によって決定される。この分版は様々な条件を満たすように設計されることから、多くの場合インク量の不連続な変化が伴う。したがって、この分版特性を使ってそのまま作成された色補

正テーブルも必ずインク量が不連続に変化する部分が存在し、階調ががたつく原因になる。また、格子にがたつきが存在すると、格子内のデータを求める際に行う線形補間において大きな誤差が発生するため、こうした場合には、色のねじれなども生じる。一方、このがたつきを解消するために単純にテーブルに対する平滑化处理などを施すと、テーブル全体で彩度が低下してしまう可能性がある。

【0005】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、彩度を保ちつつ色ねじれや、トーンジャンプを極力抑えることのできる色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用いる画像処理装置、画像処理方法、プログラムおよび記録媒体を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題に鑑み、請求項1に記載の発明は、色補正テーブルを生成する方法であって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて、前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つように色変換するように構成される。

【0007】

請求項2に記載の発明は、画像処理装置であって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いて画像処理を行うように構成される。

【0008】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度が、当該平滑化前の色データが示す彩度に比べて低くなる色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

【0009】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率が、前記平滑化前の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率に比べて小さくなる色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

【0010】

請求項5に記載の発明は、請求項2または3に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、最大彩度を示す色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

請求項6に記載の発明は、請求項2または3に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、色データを構成する複数の要素色のうち少なくとも一色を構成色として含まない色データに対して、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

【0011】

請求項7に記載の発明は、請求項2乃至6のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、前記平滑化後の格子点の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率と、前記平滑化前の色データが示す彩度の、当該平滑化後の色データが示す色相および明度において定まる最大彩度に対する比率とをほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

【0012】

請求項8に記載の発明は、請求項2乃至7のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0013】

ここで、「色補正テーブルによる変換前後のインク量ベクトルのねじれ量」とは、色補正テーブルの入力値（RGB）で表される各グリッドに対応する変換後

のインク量で表されるインク量空間において、隣接する全グリッド間でのインク量ベクトルから定義されるねじれ量である。

【0014】

請求項9に記載の発明は、請求項2乃至8のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、仮想CMYにおけるねじれ量に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0015】

ここで、「仮想CMYにおけるねじれ量」とは、インク量に関するI次元空間（Iはインク数）から線形結合によって三次元化された空間（仮想CMY空間）における前記隣接する全グリッド間での3次元ベクトルから定義されるねじれ量である。

【0016】

請求項10に記載の発明は、請求項2乃至9のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記インク量空間と前記3次元化された仮想CMY空間の両方でねじれを補正することによって、次元圧縮前後の空間の連続性を保持しつつねじれ補正を行えるように構成される。

【0017】

請求項11に記載の発明は、請求項2乃至10のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的のインク量からの離れ程度に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0018】

請求項12に記載の発明は、請求項2乃至11のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、目的の仮想CMYからの離れ程度に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0019】

請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の画像処理装置であって、前記色補正テーブルは、前記目的の仮想CMYにおいて、前記平滑化前後における色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換するように構成される。

【0020】

請求項14に記載の発明は、請求項2乃至13のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量制限をこえる程度に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0021】

請求項15に記載の発明は、請求項2乃至14のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インク量が負になったことに基づく評価関数を有しているように構成される。

【0022】

請求項16に記載の発明は、請求項2乃至15のいずれか一項に記載の画像処理装置であって、前記平滑化程度評価関数が、インクの発生に基づく評価関数を有しているように構成される。

【0023】

請求項17に記載の発明は、画像処理方法であって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いて画像処理を行うように構成される。

【0024】

請求項18に記載の発明は、画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ前記平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いた画像処理をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【0025】

請求項19に記載の発明は、請求項18に記載のプログラムを記録したコンピュータによって読取可能な記録媒体である。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 は、本発明の一実施形態にかかる色補正テーブル生成装置の機能ブロック図であり、図 3 は、本発明の一実施形態にかかる画像処理装置の機能ブロック図である。

【 0 0 2 8 】

ハードウェア構成

図 2 は、これら色補正テーブル生成装置および画像処理装置の具体的ハードウェア構成例を概略ブロック図により示している。

【 0 0 2 9 】

当該実施形態においては、色補正テーブル生成装置および画像処理装置を実現するハードウェアの一例としてコンピュータシステムを採用している。図 2 は、同コンピュータシステムをブロック図により示している。本コンピュータシステムは、画像入力デバイスとして、スキャナ 1 1 a とデジタルスチルカメラ 1 1 b とビデオカメラ 1 1 c とを備えており、コンピュータ本体 1 2 に接続されている。それぞれの入力デバイスは画像をドットマトリクス状の画素で表現した画像データを生成してコンピュータ本体 1 2 に出力可能となっており、ここで同画像データは RGB の三原色においてそれぞれ 2 5 6 階調表示することにより、約 1 6 7 0 万色を表現可能となっている。

【 0 0 3 0 】

コンピュータ本体 1 2 には、外部補助記憶装置としてのフロッピーディスクドライブ 1 3 a とハードディスク 1 3 b と CD-ROM ドライブ 1 3 c とが接続されており、ハードディスク 1 3 b にはシステム関連の主要プログラムが記録されており、フロッピーディスクや CD-ROM などから適宜必要なプログラムなどを読み込み可能となっている。また、コンピュータ本体 1 2 を外部のネットワークなどに接続するための通信デバイスとしてモデム 1 4 a が接続されており、外部のネットワークに同公衆通信回線を介して接続し、ソフトウェアやデータをダウンロードして導入可能となっている。この例ではモデム 1 4 a にて電話回線を介して外部にアクセスするようにしているが、LAN アダプタを介してネットワ

ークに対してアクセスする構成とすることも可能である。この他、コンピュータ本体12の操作用にキーボード15aやマウス15bも接続されている。

【0031】

さらに、画像出力デバイスとして、ディスプレイ17a、カラープリンタ17bおよびプロジェクタ17cを備えている。ディスプレイ17aについては水平方向に800画素と垂直方向に600画素の表示エリアを備えており、各画素毎に上述した1670万色の表示が可能となっている。この解像度は一例に過ぎず、640×480画素であったり、1024×768画素であるなど、適宜、変更可能である。

【0032】

また、カラープリンタ17bはインクジェットプリンタであり、CMYKの四色の色インクを用いてメディアたる印刷用紙上にドットを付して画像を印刷可能となっている。画像密度は360×360dpiや720×720dpiといった高密度印刷が可能となっているが、階調表現については色インクを付すか否かといった2階調表現となっている。一方、このような画像入力デバイスを使用して画像を入力しつつ、画像出力デバイスに表示あるいは出力するため、コンピュータ本体12内では所定のプログラムが実行されることになる。そのうち、基本プログラムとして稼働しているのはオペレーティングシステム(OS)12aであり、このオペレーティングシステム12aには、ディスプレイ17aでの表示を行わせるディスプレイドライバ(DSP DRV)12bと、カラープリンタ17bに印刷出力を行わせるプリンタドライバ(PRT DRV)12cと、プロジェクタ17cでの表示を行わせるプロジェクタドライバ12d(図示せず)が組み込まれている。これらのドライバ12b、12cおよび12dはディスプレイ17a、カラープリンタ17bおよびプロジェクタ17cの機種に依存しており、それぞれの機種に応じてオペレーティングシステム12aに対して追加変更可能である。また、機種に依存して標準処理以上の付加機能を実現することもできるようになっている。すなわち、オペレーティングシステム12aという標準システム上で共通化した処理体系を維持しつつ、許容される範囲内の各種の追加的処理を実現できる。

【0033】

このようなプログラムを実行する前提として、コンピュータ本体12は、CPU12e、RAM12f、ROM12gおよびI/O12hなどを備え、演算処理を実行するCPU12eがRAM12fを一時的なワークエリアや設定記憶領域として使用したりプログラム領域として使用しながら、ROM12gに書き込まれた基本プログラムを適宜実行し、I/O12hを介して接続されている外部機器及び内部機器などを制御している。

【0034】

ここで、基本プログラムとしてのオペレーティングシステム12a上でアプリケーション12dが実行される。アプリケーション12dの処理内容は様々であり、操作デバイスとしてのキーボード15aやマウス15bの操作を監視し、操作された場合には各種の外部機器を適切に制御して対応する演算処理などを実行し、さらには、処理結果をディスプレイ17aに表示したり、カラープリンタ17bに出力したりすることになる。

【0035】

かかるコンピュータシステムでは、画像入力デバイスであるスキャナ11aなどで画像データを取得し、アプリケーション12dによる所定の画像処理を実行した後、画像出力デバイスとしてのディスプレイ17a、カラープリンタ17bやプロジェクタ17cに表示出力することが可能である。

【0036】

本実施形態においては、画像処理装置をコンピュータシステムとして実現しているが、必ずしもかかるコンピュータシステムを必要とするわけではなく、同様の画像データに対して本発明による画像処理が必要なシステムであればよい。例えば、デジタルスチルカメラ内に本発明による画像処理を行う画像処理装置を組み込み、画像処理された画像データを用いてカラープリンタに印字させるようなシステムであっても良い。また、コンピュータシステムを介することなく画像データを入力して印刷するカラープリンタにおいては、スキャナやデジタルスチルカメラまたはモデム等を介して入力される画像データに対して自動的に本発明による画像処理を行って印刷処理するように構成することも可能である。

【0037】

この他、カラーファクシミリ装置、カラーコピー装置、プロジェクタといった画像データを扱う各種の装置においても当然に適用可能である。

【0038】

画像処理制御プログラム

本発明による画像処理制御プログラムは、通常、コンピュータ12が読取可能な形態でフロッピーディスク、CD-ROMなどの記録媒体に記録されて流通する。当該プログラムは、メディア読取装置（CD-ROMドライブ13c、フロッピーディスクドライブ13aなど）によって読み取られてハードディスク13bにインストールされる。そして、CPUが所望のプログラムを適宜ハードディスク13bから読み出して所望の処理を実行するように構成されている。なお、本発明による画像処理制御プログラム自体も本願発明の一部を構成する。

【0039】

色補正テーブル生成装置

図1に示す色補正テーブル生成装置20Aは、CMY画像データをCMYKcm画像データに変換する際、画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルを生成する。ここで、Cはシアン、Mはマゼンタ、Yはイエロー、Kはブラック、cはライトシアン、mはライトマゼンタである。

【0040】

図1において、色補正テーブル生成装置20Aは、コスト計算部20dと、色補正テーブル（LUT）スムージング部20eと、色補正テーブル（LUT）生成部20fと、色補正テーブル（LUT）格納部20bとを備えて構成される。これら各構成部分の処理の詳細に関しては後述する。

【0041】

以下、図5乃至図8を参照して、図1に示す色補正テーブル生成装置20Aによって行われる色補正テーブル生成処理プログラムを説明する。

【0042】

図5に、CMY画像データをCMYKcm画像データに変換する色補正テーブル生成装置による処理を説明するためのフローチャートを示す。

【0043】

各コストの計算処理 (S22)

図5に示すように、まず色補正テーブル生成装置20Aのコスト計算部20dが、色補正テーブルによる色変換後の各格子点（グリッド）のデータにおける平滑化の程度を評価するための関数（以下、「評価関数」と称する）Eの各コストの計算処理を行う（S22）。以下、評価関数Eに関して詳細に説明する。

(1) 評価関数EはLUT内のあるグリッドに対して、各条件を満たすことで、より小さな値をとり得るように設計する。例えばインク量に対してスムージングをする場合、下式のように、各条件により設計されるコスト項の和として表される。

【0044】

$$E = E_{it} + E_{vt} + E_s + E_v + E_d + E_n + E_{ob} + \dots \quad (1)$$

ここで、

E_{it} は、インク量ベクトルのねじれ量のコストであり、

E_{vt} は、仮想CMYでのねじれ量のコストであり、

E_s は、目的のインク量から離れることでのコストであり、

E_v は、目的の仮想CMYから離れることでのコストであり、

E_d は、インク量制限を満たさない場合のコストであり、

E_n は、インク量が負になった場合のコストであり、

E_{ob} は、インクの発生に関するコストである。

【0045】

E_{it} および E_{vt} は、隣接するグリッド間のねじれに関するコストであり、これらのコストを小さくすることによって、CMYからCMYKcmに変換する際の隣接グリッド間のねじれを小さくして画像データの色補正による連続性を高めることができる。また、 E_s および E_v は、スムージング前後におけるインク量ベクトルの差から生じるコストであり、同一グリッドの時間的变化によるインク量のベクトル差に関するコストである。さらに、 E_d 、 E_n および E_{ob} は、所定の制限を越えないようにするためのコストである。

【0046】

以下で、各項について詳細に説明する。ただし、全ての項を必ずしも用いる必要はなく、必要に応じて使用する項を選択できる。また、式(1)はインク量ベクトルに対してスムージングを行う例であり、その他のベクトル（例えば、LabやXYZ、CMY、その他のさまざまな空間のベクトル）に対しても同様に適応できる。

(2) 評価関数Eの各項の一般形

あるベクトルXに対する評価関数のコスト項 E_c は、一般的に下式のように表す。

【0047】

【数1】

$$E_c = \begin{cases} \mathbf{W}_1^t \cdot (\mathbf{M} \cdot \mathbf{X} - \mathbf{Y}_T) \\ |\mathbf{W}_2 \cdot (\mathbf{M} \cdot \mathbf{X} - \mathbf{Y}_T)|^2 \end{cases} \dots (2)$$

ここで、

E_c は、コスト（スカラ値）であり、

Xは、要素数Xである列ベクトルであり、

Mは、 $Y \times X$ の行列で、ベクトルXをコストの対象となる要素数Yのベクトル

$Y = M \cdot X$ へと変換する変換行列であり、

Y_T は、要素数Yである列ベクトルであり、

W_1 は、要素数Yの列ベクトルで、ベクトル $Y - Y_T$ の各要素へのコストに対する重みを表すベクトルであり、

W_2 は、 $Y \times Y$ の対角行列で、ベクトル $Y - Y_T$ の各要素へのコストに対する重みを表す行列であり、

tは転置を表している。

【0048】

以下の説明において、式(2)の第1式を1次式形式、第2式を2次式形式と称する。

(3) インク量ベクトルのねじれ量のコスト E_{it} (インク量ベクトル空間)

あるグリッドpと隣接するグリッドをpr (以下、「参照グリッド」と称する) とする。また、グリッドpと隣接する、グリッドprとは別のグリッドをpt (以下「遷移グリッド」と称する) とし、さらに、グリッドp、prの位置関係と同じ位置関係をptとなすグリッドをptrとする。ここで、それぞれのグリッドp、pr、pt、ptrが保持するインク量ベクトルをそれぞれ、 I_p 、 I_{pr} 、 I_{pt} 、 I_{ptr} とする。

【0049】

これらのグリッドの位置関係と、それぞれのグリッドが保持するインク量ベクトルを図7に示す。図7において、 I_{pr} と I_p の差ベクトルが、 I_{ptr} と I_{pt} の差ベクトルに遷移したと考えると、「遷移前後の差ベクトルの変位量」は、両差ベクトルの差ベクトルとして表せる。また、遷移距離を、 I_{pt} と I_p の差ベクトルの大きさと考え、と、「遷移前後の差ベクトルの変位量」を遷移距離で除算することにより、「単位遷移距離あたりの、遷移前後の差ベクトルの変位量」を求めることができる。この「単位遷移距離あたりの、遷移前後の差ベクトルの変位量」の大きさの2乗を、グリッドpに隣接する全てのグリッドpr及び、ptに関して加算することにより、グリッドpにおけるインク量ベクトルのねじれ量と定義する。ただし、pr及びptは、pに隣接してさえいれば、同一グリッドであってもかまわない。

【0050】

このインク量ベクトルのねじれ量をコストとし、式(3)に示す。

【0051】

【数 2】

$$E_{it} = \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \left| \frac{I_p + I_{ptr} - I_{pr} - I_{pt}}{D_t} \right|^2 \quad \dots (3)$$

式(3)において、

t は、ある pt であり、

T は、 pt の数であり、

r は、ある pr であり、

R は、 pr の数であり、

D_t は、 t における遷移距離である。

【0 0 5 2】

コスト E_{it} が小さいほど、インク量のねじれ量を小さくできる。

【0 0 5 3】

ここで、式(3)を式(2)の第2式に照らし合わせると、インク量ベクトルを他の空間のベクトルに変換する必要がないため、 M は単位ベクトルとなり省略できる。また、各要素に重みをかけていないので、 W_2 も単位ベクトルとなり省略できる。Xは I_p であり、 Y_T は $I_{ptr} - I_{pr} - I_{pt}$ である。 $1/D_t^2$ は、ある t では定数であるため、式(2)の第2式と式(3)とは同じ形をしている。

(4) 仮想CMYでのねじれ量のコスト E_{vt}

通常、インク量への変換はRGBやCMYの3次元空間から行われるため、インク量空間だけでねじれを補正してしまうと元々の3次元空間であるRGB、または、CMY空間とインク数分の次元数 I を有するインク量空間との変換関係が非線形に変わってしまう可能性がある。この崩れを最小限に抑えるために、インク量の線形結合で定義される3次元空間上でのねじれ量補正をインク量空間上で

の補正と同時に行うとより好ましい結果が得られると考えられる。以下にインク量の線形結合で定義される3次元空間（以下仮想CMYと称す）でのねじれ量に基づくコスト E_{vt} を定義する。

【0054】

E_{it} の場合と全く同様に、各グリッドにおいて、仮想CMYベクトルを保持していると考え。このとき、グリッド p 、 pr 、 pt 、および ptr において保持する仮想CMYベクトルを、 V_p 、 V_{pr} 、 V_{pt} 、および V_{ptr} とする。ここで、仮想CMYベクトルは、適当な結合係数により、インク量ベクトルの要素を線形結合したものである。式(3)の I を V に置き換え、インク量ベクトルから仮想CMYベクトルへの $3 \times I$ の変換行列 K ($V_p = K \cdot I_p$)により、仮想CMYによるねじれ量のコスト E_{vt} は、式(4)として表せる。ただし、 I はインク量ベクトルの要素数である。

【0055】

【数3】

$$E_{vt} = \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \left| \frac{K \cdot I_p + V_{ptr} - V_{pr} - V_{pt}}{D_{vt}} \right|^2 \quad \dots (4)$$

ここで、 D_{vt} は、 t における遷移距離で、グリッド p 、 pt における仮想CMYベクトルの差ベクトルの大きさである。

【0056】

ここで、式(4)を式(2)第2式と照らし合わせると、式(3)の場合と同様に、両者は同じ形をしていることが分かる。

(5) 目的のインク量から離れることでのコスト E_s

グリッド p におけるインク量ベクトル I_p は、インク量ベクトル I_T を理想的な（目的の）ベクトルであるとする、 I_p と I_T の差ベクトルの大きさが大きくなるほ

どコストが大きいと考えられる。このコストを E_s とし式(5)に示す。ただし、 W_s は $I \times I$ の対角行列で、インク量ベクトルの各要素に対する重み行列である。

【0057】

【数4】

$$E_s = |W_s \cdot (I_p - I_T)|^2 \quad \dots (5)$$

式(5)においても、式(2)の第2式と同じ形であることが確認できる。

【0058】

理想的なインク量ベクトル I_T が予め分かっていることは不可能であり、理想状態により近いインク量ベクトルか、別のターゲットとしてのインク量ベクトルを考えることになる。ここで、理想状態により近いインク量として、スムーシング前のインク量とする。これは、スムーシングが進むにつれてより滑らかで理想的なインク量に近付いていることが期待できるためであり、また、スムーシングの時間的制御も考慮できる。

(6) 目的の仮想CMYから離れることでのコスト E_v

グリッド p における仮想CMYベクトル V_p は、仮想CMYベクトル V_T を理想的なベクトルであるとし、式(5)と同様に、変換行列 K を用いて、 E_v は式(6)のように表す。

【0059】

【数 5】

$$E_v = |W_v \cdot (K \cdot I_p - V_T)|^2 \quad \dots (6)$$

ただし、 W_v は 3×3 の対角行列で、仮想CMYベクトルの各要素に対する重み行列である。やはり、式(6)も式(2)の第2式と同じ形である。

【0 0 6 0】

この V_T も I_T と同様に、理想的な仮想CMYベクトルが予め分かっていることは不可能であり、理想状態により近い仮想CMYベクトルか、別のターゲットとしての仮想CMYベクトルを考えることになる。ここで、理想状態に近い仮想CMYベクトルとしてスムーシング前の仮想CMYベクトルとする。これは、スムーシングが進むにつれてより滑らかで理想的な仮想CMYに近付いていることが期待できるためであり、また、スムーシングの時間的制御も考慮できる。

【0 0 6 1】

しかしながら、平滑化によってグリッドの色データが示す彩度が低下してしまう場合がある。彩度が低下すると、画像の鮮やかさが低下するので、忠実な色再現を行うことができない。従って、平滑化前後における色データの彩度は、ほぼ一定に保たれているのが望ましい。

彩度保存処理

図8を参照して、各グリッドの色データが示す彩度について説明する。

【0 0 6 2】

図8(A)は、仮想CMY空間を示す。仮想CMY空間は、C軸、M軸およびY軸で表される。ここで、明度軸100は、仮想CMY空間において $C=M=Y$ を満たす直線であって、明度軸100上の色座標で定まる色データはグレイを示す。また、明度軸100に沿って明度に変化する。なお、明度軸100に垂直な直

線、すなわち彩度軸 1 1 0 に沿って彩度が変化し、明度軸 1 0 0 に垂直な平面において明度軸 1 0 0 を中心とする色相方向 1 2 0 に色相が変化する。

【0063】

図 8 (B) は、図 8 (A) に示す仮想 CMY 空間における CM 平面を示す。説明を簡単にするため CM 平面において彩度保存処理を説明する。図 8 (B) において、横軸は C 軸、縦軸は M 軸を示す。なお、図 8 (A) の明度軸 1 0 0 は、C M 平面に投影されている。

【0064】

ここで、仮想 CMY におけるグリッド p の色座標を (C_p, M_p, Y_p) とする。また、グリッド p の平滑化において目的とする仮想 CMY におけるの仮想 CMY 空間上の点を点 T とし、点 T の色座標を (C_T, M_T, Y_T) とする。

【0065】

また、グリッド p の座標点および点 T から、明度軸 1 0 0 までの最短距離は、それぞれ L_p および L_T とする。各点から明度軸 1 0 0 までの最短距離は、各グリッドの色データが示す彩度に対応すると仮定し、グリッド p の座標点および点 T における彩度は、それぞれ L_p および L_T に対応する。

【0066】

図 8 (B) において、グリッド p の座標点と、点 T の位置関係は、 $L_T < L_p$ となっており、点 T における彩度は、グリッド p の座標点における彩度に比べて低下している。この場合、彩度の低下を避けるため、 $L_{T'} = L_p$ を満たすような点 T' (色座標 $(C_{T'}, M_{T'}, Y_{T'})$) を、点 T にかえて目的の仮想 CMY における点とする。ここで、点 T' における彩度は、グリッド p の座標点における彩度と等しい。さらに、点 T' における明度および色相は、点 T における明度および色相と等しい。

【0067】

このように、平滑化により色データが示す彩度が低下する場合には、目的とする仮想 CMY における色座標を、点 T の色座標から点 T' の色座標に変えることにより、色データの明度および色相を変更することなく、彩度を一定に保つことができる。

【0068】

そして、目的とする仮想CMYにおける色座標を、点Tの色座標から点T' の色座標に変更する場合、式(6)は以下のように変更される。

【0069】

【数6】

$$E_v = |W_v \cdot (K \cdot I_p - V_{T'})|^2 \quad \dots (7)$$

ここで、仮想CMYベクトル $V_{T'}$ は、点T' において保持されるベクトルである。なお、点T' は、 $L_{T'} = L_p$ を満たすベクトルである。

【0070】

また、グリッドpにおける仮想CMYベクトル $K \cdot I_p (=V_p)$ のベクトル成分、及びT' における目的の仮想CMYベクトル $V_{T'}$ のベクトル成分はそれぞれ、

【0071】

【数 7】

$$\mathbf{V}_p = \begin{pmatrix} C_p \\ M_p \\ Y_p \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

$$\mathbf{V}_{T'} = \begin{pmatrix} C_{T'} \\ M_{T'} \\ Y_{T'} \end{pmatrix} \quad \dots (9)$$

で示される。

式(8)および式(9)を式(7)へ代入することにより、次式が得られる。

【0072】

【数 8】

$$E_v = \left| \mathbf{W}_v \cdot \left(\begin{pmatrix} C_p \\ M_p \\ Y_p \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C_{T'} \\ M_{T'} \\ Y_{T'} \end{pmatrix} \right) \right|^2 \quad \dots (10)$$

このように、目的とする仮想CMYにおける点Tが、 $L_T < L_p$ を満たす場合は、 $L_{T'} = L_p$ を満たす点T' に対して、式(10)を利用することにより、平滑化前後における色データの彩度を一定に保つことができる。

(7) インク量制限を満たさない場合のコスト E_d

E_d は、さまざまなインク量ベクトル要素の組み合わせに対して、それらのインク量の合計がある制限値を超えることによるコストである。インク量をあまり多くすると、インクがにじみ好ましくないために評価対象としている。

【0073】

このとき、インク量ベクトル I_p から、インクの組み合わせの合計を表すベクトル（以下、組み合わせベクトル） D_p への変換行列を N ($D_p = N \cdot I_p$) とし、その制限値を収めたベクトルを D_L とすると、 D_p と D_L の差ベクトルの各要素が、正である場合コストが発生すると考える。これを式で表すと式(11)になる。

【0074】

【数9】

$$E_d = \begin{cases} W_{d1}^t \cdot (N \cdot I_p - D_L) \\ |W_{d2} \cdot (N \cdot I_p - D_L)|^2 \end{cases} \quad \dots (11)$$

ここで、 W_{d1} は要素数Dの列ベクトル、 W_{d2} は要素数D×Dの対角行列で、いずれも重みを表す重みベクトル及び、重み行列である。このとき、 W_{d1} 、 W_{d2} の各重み要素は、 D_p と D_L の差ベクトルの要素の正負により0を取り得る。ただし、Dは組み合わせベクトルの要素数である。

【0075】

式(11)は、1次式形式と2次式形式があり、利用する場合いずれかを選択する

。また、式(11)を式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、同じ形をしていることが確認できる。

(8) インク量が負になった場合のコスト E_n

インク量ベクトル I_p の各要素が負である場合にコストが大きくなるとする。これを式(12)に示す。

【0076】

【数10】

$$E_n = \begin{cases} \mathbf{W}_{n1}^t \cdot \mathbf{I}_p \\ |\mathbf{W}_{n2} \cdot \mathbf{I}_p|^2 \end{cases} \quad \dots (12)$$

ただし、 \mathbf{W}_{n1} は要素数 I の重みベクトル、 \mathbf{W}_{n2} は $I \times I$ の対角行列で、重み行列である。 \mathbf{W}_{n1} 、 \mathbf{W}_{n2} のそれぞれの重み要素は、インク量ベクトル I_p の各要素が負の値の場合、負の大きさを有する。

【0077】

式(12)も、1次式形式と2次式形式のいずれかを選択する。また、式(12)を式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、省略できる部分はあるものの同じ形をしていることが確認できる。

(9) インクの発生に関するコスト E_{ob}

インク量ベクトル I_p のある要素が正の値を保持してはならない場合に、それに反する時に発生するコストである。インクの発生が早くなるとドットの視認性が良くなり粒状感が悪くなるので、当該コストを評価対象とする。これを式(13)に示す。

【0078】

【数 11】

$$E_{ob} = \begin{cases} W_{ob1}^t \cdot I_p \\ |W_{ob2} \cdot I_p|^2 \end{cases} \quad \dots (13)$$

ただし、 W_{ob1} は要素数 I の重みベクトル、 W_{ob2} は $I \times I$ の対角行列で、重み行列である。 W_{ob1} 、 W_{ob2} のそれぞれの重み要素は、インク量ベクトル I_p のある要素が正で、かつ、本来ならば正の値を持ってはいけない場合に、正の値をとる。

【0079】

式(13)も、1次式形式、2次式形式のいずれかを選択する。また、式(13)を式(2)と比較すると、1次式形式、2次式形式ともに、省略できる部分はあるものの同じ形をしていることが確認できる。

【0080】

以上(1)～(9)において各コストを計算した後、以下のスムーシング処理が行われる。

【0081】

スムーシング処理 (S24)

図5に示すように、次に、色補正テーブル生成装置20Aの色補正LUTスムーシング部20eが、以下で詳細に説明するスムーシング処理（評価関数 E を最小にする I_p の計算処理）を行う（S24）。

(1) グリッド p におけるLUTスムージングの概要

グリッド p においてLUTをスムージング（平滑化）することは、式(1)の評価関数 E を最小にするによって行われる。式(1)の評価関数 E を最小にする任意の方法を用いることができるが、当該実施形態では以下の方法を用いる。

【0082】

式(1)における各項は式(3)～式(6)及び式(11)～式(13)の和の形で示される。つまり、評価関数 E の全ての項は I_p の各要素を含み、それらの要素に対して最大 2 次で表される。さらに、2 次の場合、1 次の 2 乗であり、必ず下に凸の関数であることが分かる。すなわち、 E を I_p の各要素について偏微分した関数をゼロベクトルと等しくする I_p により、評価関数 E は最小値を取り得る。

【0083】

上記のように、式(3)～式(6)及び式(11)～式(13)は全て式(2)と同じ形となる。ここで、式(2)を用いて評価関数 E の各項を I_p (式(2)の場合は X) の各項で偏微分する場合の一般形式を示す。式(2)を X の各項で偏微分した場合を式(14)に示す。

【0084】

【数 12】

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \left(\frac{\partial E_c}{\partial X_1} \quad \dots \quad \frac{\partial E_c}{\partial X_x} \quad \dots \quad \frac{\partial E_c}{\partial X_x} \right)^t \\ &= \begin{cases} (\mathbf{W}_1^t \cdot \mathbf{M})^t \\ 2(\mathbf{W}_2 \cdot \mathbf{M})^t \cdot \mathbf{W}_2 \cdot (\mathbf{M} \cdot \mathbf{X} - \mathbf{Y}_T) \end{cases} \end{aligned} \quad \dots (14)$$

ここで、 \mathbf{A} は要素数 X の列ベクトルで、各要素は E_c を X の各要素 X_x で偏微分したものである。ただし、 x はベクトル X の要素番号で $x=1, 2, \dots, X$ である。

(2) 評価関数 E の I_p の要素による偏微分

式(14)と同様に、式(3)～式(6)及び式(11)～式(13)を I_p の各要素で偏微分すると以下ようになる。ここで、 A_{it} 、 A_{vt} 、 A_s 、 A_v 、 A_d 、 A_n 、 A_{ob} は、それぞれ E_{it} 、 E_{vt} 、 E_s 、 E_v 、 E_d 、 E_n 、 E_{ob} を I_p の各要素 I_{pi} で偏微分することにより求まる要素数 I の列ベクトルを示す。ただし、 i はベクトル I_p の要素番号で、 $i=1, 2, \dots$

, I である。

【0085】

【数13】

$$A_{it} = \left(\frac{\partial E_{it}}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{it}}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{it}}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (15)$$

$$= \sum_{i=1}^T \sum_{r=1}^R \frac{2}{D_i^2} (I_p + I_{pr} - I_{pr} - I_{pt})$$

$$A_{vt} = \left(\frac{\partial E_{vt}}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{vt}}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{vt}}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (16)$$

$$= \sum_{i=1}^T \sum_{r=1}^R \frac{2}{D_{vt}^2} K^t \cdot (K \cdot I_p + V_{pr} - V_{pr} - V_{pt})$$

$$A_s = \left(\frac{\partial E_s}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_s}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_s}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (17)$$

$$= 2W_s^2 \cdot (I_p - I_T)$$

$$A_v = \left(\frac{\partial E_v}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_v}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_v}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (18)$$

$$= \begin{cases} 2(W_v \cdot K)^t \cdot W_v \cdot (K \cdot I_p - V_T) \dots (L_T \geq L_p) \\ 2(W_v \cdot K)^t \cdot W_v \cdot (K \cdot I_p - V_T) \dots (L_T < L_p) \end{cases}$$

$$A_d = \left(\frac{\partial E_d}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_d}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_d}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (19)$$

$$= \begin{cases} (W_{d1} \cdot N) \\ 2(W_{d2} \cdot N)^t \cdot W_{d2} \cdot (N \cdot I_p - D_L) \end{cases}$$

$$A_n = \left(\frac{\partial E_n}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_n}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_n}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (20)$$

$$= \begin{cases} W_{n1} \\ 2W_{n2}^2 \cdot I_p \end{cases}$$

$$A_{ob} = \left(\frac{\partial E_{ob}}{\partial I_{p1}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{ob}}{\partial I_{pt}} \quad \dots \quad \frac{\partial E_{ob}}{\partial I_{pt}} \right)^t \quad \dots \quad (21)$$

$$= \begin{cases} W_{ob1} \\ 2W_{ob2}^2 \cdot I_p \end{cases}$$

式(15)～式(21)の合計が評価関数 E を I_p の各要素で偏微分することにより得られるベクトルとなる。このベクトルがゼロベクトルであるとして I_p について解くと、 E を最小にする I_p を求めることができる。すなわち、

【0086】

【数14】

$$\begin{aligned} f(I_p) &= A_{it} + A_{vt} + A_s + A_v + A_d + A_n + A_{ob} \\ &= 0 \end{aligned} \quad \dots (22)$$

を I_p について解くことを意味する。ただし、 f は E を I_p の各要素で偏微分して得られるベクトルを関数の形で表したものであり、 0 はゼロベクトルを表す。式(22)の第1式右辺の各項は、評価関数である式(1)において選択した項に対応する項だけを使用する。

【0087】

以上のようにして、色補正 LUT スムージング部 20e が、評価関数 E を最小にする I_p を求めて、当該スムージング処理を終了する。

【0088】

LUT 全体のスムージング処理 (S25)

図5に示すように、次に、色補正 LUT 生成装置 20A の色補正 LUT スムージング部 20e は、以下で詳細に説明する色補正 LUT の全体にわたるスムージング処理を行う (S25)。

【0089】

LUT 全体のスムージング処理を行うのに、グリッド p 以外のグリッドにおいて保持しているインク量ベクトルを変化させずに I_p のみを補正すれば良い場合、

上記の方法により最適な I_p を求めることができる。しかし、実際には色補正LUT全体のスムーシング処理を行うのに、グリッドp以外のグリッドにおいて保持しているインク量ベクトルも補正しなければならない。そこで、各グリッドのインク量ベクトルを順次補正することを繰り返すことにより、色補正LUT全体のスムーシングを行う。

【0090】

グリッドpのある状態nでのインク量ベクトルを、次の状態へ補正すること（式(22)を I_p について解くこと）をgで表すならば、その補正は一般に式(23)のように表される。

【0091】

【数15】

$$I_p^{n+1} = g(\dots, I_{p-1}^n, I_p^n, I_{p+1}^n \dots) \quad \dots (23)$$

全てのグリッドにおいて、状態nから状態n+1に補正された場合、各々のグリッドにおいてコストEが、必ずしも小さくなるとは限らない。なぜならば、式(23)のように、状態nにおけるコストEに基づき、各々のグリッドに関して状態n+1のインク量ベクトルを求めているため、式(23)を求めるにあたって、状態n+1のコストEは考慮されていないからである。すなわち、コストを小さくすることが目的であるため、大半のグリッドは状態nのコストより、状態n+1のコストの方が小さくなると予想されるが絶対ではない。

【0092】

そこで、①全て式(23)により補正（S40）、②コストが大きくなる補正をせず（S54）、または③アニーリング法（S56）によりある程度小さいコストの増加を許容して補正する。

【0093】

次に、図6に示すフローチャートを参照して、図5のS25に示す色補正LUT全体のスムーシング処理についてさらに詳細に説明する。

【0094】

図6に示すように、S25における色補正LUT全体のスムーシング処理が開始されると、式(23)の n に0（ゼロ）がセットされ（S30）、インク量ベクトル：

【0095】

【数16】

$$I_p^n$$

（ $p=0, 1, \dots, P-1$ ）が入力される（S32）。ここで、 P はグリッド数を表す。

【0096】

次に、 $n < N$ であるか否かが判断され（S34）、 $n < N$ の場合（S34, Y）には状態 n におけるグリッド p についてのコスト：

【0097】

【数17】

$$E_p^n$$

($p=0, 1, \dots, P-1$) の計算を行い (S36)、グリッド p ($p=0, 1, \dots, P-1$) のある状態 n でのインク量ベクトルを式(23)を用いて求めて、変数 $Count$ を P にセットする (S38)。

【0098】

ここで、 N はスムージング回数を表し、状態 n の最大値が $N-1$ であることを示す。

【0099】

そして、「すべてのグリッドを補正しない」という条件の場合 (S40, N)、 p を 0 (ゼロ) にセットし (S42)、 $p < P$ であるか否かが判断される (S44)。

【0100】

そして、「すべてのグリッドを補正する」という条件の場合 (S40, Y) または $p < P$ でない場合 (S44, N) であって、 $Count$ が 0 (ゼロ) でない場合 (S46, N)、 $n+1$ を n にセットしてアニーリング法用の確率変数パラメータを小さくして (S48)、S34に戻る。

【0101】

一方、 $p < P$ の場合 (S44, Y)、状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのコスト:

【0102】

【数18】

$$E_p^{n+1}$$

が計算され (S50)、

【0103】

【数19】

$$E_p^{n+1} < E_p^n$$

であるか否かが判断される（S52）。そして、状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのコストが状態 n におけるグリッド p についてのコスト以上の場合（S52、N）には、「コストが小さくなければ補正しない」という条件か否かが判断され（S54）、S54において「コストが小さくなければ補正しない」という条件に合致しない場合（S54、N）、「アニーリング法を用いた補正を許可する」という条件か否かが判断される（S56）。

【0104】

そして、「コストが小さくなければ補正しない」という条件にあてはまる場合（S54、Y）または「アニーリング法を用いた補正を許可しない」という条件の場合（S56、N）、状態 n におけるグリッド p についてのインク量ベクトル：

【0105】

【数20】

$$I_p^n$$

を、状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのインク量ベクトル：

【0106】

【数21】

$$I_p^{n+1}$$

にセットするとともに、変数 (Count-1) をCountにセットする (S60)。

【0107】

そして、S60の後、または状態 $n+1$ におけるグリッド p についてのコストが状態 n におけるグリッド p についてのコストよりも小さい場合 (S52、Y)、または「アニーリング法を用いた補正を許可する」という条件の場合 (S56、Y)、 $(p+1)$ を p にセットして (S58)、S44に戻る。

【0108】

一方、S34において $n < N$ でない場合 (S34、N) またはS46においてCountが0の場合 (S46、Y) には、インク量ベクトル：

【0109】

【数22】

$$I_p^{n+1}$$

($p=0, 1, \dots, P-1$) を出力して(S 6 2)、処理を終了する。

【0 1 1 0】

そして、LUT全体のスムージング処理(S 2 5)の後、図5のS 2.6に戻り、色補正テーブルが生成され(S 2 6)、当該生成された色補正テーブルが色補正LUT格納部2 0 bに格納される(S 2 8)。

【0 1 1 1】

以上のようにして、画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルを生成することができる。

【0 1 1 2】

画像処理装置

図3において、画像処理装置2 0 Bは、RGB画像データに対して所望の画像処理を施し、当該画像処理された画像データを画像出力装置3 0に出力する。

【0 1 1 3】

ここで、画像データはカラー画像を所定の要素色毎に色分解しつつ、その要素色毎に強弱を表したものであり、有彩色であって所定の比で混合したときにはグレイに代表される無彩色と黒色とからなる。

【0 1 1 4】

当該実施形態では、画像出力装置がC(シアン)M(マゼンタ)Y(イエロー)K(ブラック)c(ライトシアン)m(ライトマゼンタ)の6色のインクを使用するカラープリンタがRGBデータに基づき色再現を行う場合について説明する。

【0 1 1 5】

画像処理装置2 0 Bは、RGB画像データをCMY画像データに変換する色変換部2 0 dと、色補正テーブル生成装置2 0 Aによって生成された色補正テーブルを少なくとも格納している色補正LUT格納部2 0 bと、色補正LUT選択部2 0 cによって選択された色補正テーブル(LUT)を色補正LUT格納部2 0 bから読み出し、当該読み出された色補正LUTを参照してCMYデータをCMYKc mデータに変換する色補正部2 0 aと、を備えている。

【0116】

次に、図4を参照して、画像処理装置20Bの動作について説明する。

【0117】

図4に示すように、ユーザによって画像出力開始(S70)が指示されるとともに、所定の色補正LUTが選択されると(S72、Yes)、当該所定の色補正LUTが色補正LUT格納部20bから読み出され、RAM内に読み込まれる(S74)。そして、当該色補正LUTを色補正部20aに組み込み(S76)、3次元色補正LUTを参照して補間演算によって画像処理を行い、画像出力処理を行う(S78)。

【0118】

当該実施形態による画像処理装置によれば、S72において色補正テーブル生成装置20Aによって生成された画像データの色補正の連続性を高めることが可能な色補正テーブルが選択されると、当該色補正テーブルを用いて色補正がなされるので、色補正後に階調ががたつくことを防ぐことができる。

【0119】

以上、実施の形態について説明したが、本発明の技術的な範囲は上記記載に限定されるものではなく、上記実施例に変更または改良を加えてもよい。

【0120】

次に、「(6) 目的の仮想CMYから離れることでのコスト E_v の計算方法」における彩度保存処理の変更例について説明する。

【0121】

第1変更例

第1変更例では、色データが示す彩度の、当該色データが示す明度および色相において定まる最大彩度に対する比率で規定される彩度比率を考慮する。すなわち、本例の平滑化においては、平滑化前の色データにおける彩度比率と、当該平滑化後の色データにおける彩度比率とがほぼ一定に保たれる。

【0122】

図9を参照して、本例における E_v の計算について説明する。図9は、CM平面と、CM平面に投影された明度軸100とを示す。ここで、グリッドpの仮想C

MYにおける色座標を (C_p, M_p, Y_p) 、点Tの色座標を (C_T, M_T, Y_T) とする。

【0123】

グリッドpにおける彩度は L_p であって、点Tにおける彩度は L_T である。また、グリッドpにおける明度および色相において定まる最大彩度は L_{pmax} であって、点Tにおける明度および色相において定まる最大彩度は L_{Tmax} である。

【0124】

第1変更例では、点Tにおける彩度 L_T が、 $(L_T / L_{Tmax}) < (L_p / L_{pmax})$ を満たす場合に、彩度が低下していると考え、この場合、彩度の低下を避けるため、 $(L_T' / L_{Tmax}) = (L_p / L_{pmax})$ を満たすような点T' (色座標 (C_T', M_T', Y_T')) を、点Tにかえて目的とする仮想CMYにおける点とする。ここで、点T'における明度および色相は、それぞれ点Tにおける明度および色相と等しい。

【0125】

このように、平滑化により色データの彩度比率が低下する場合には、目的とする仮想CMYにおける座標を、点Tの色座標から点T'の色座標に変えることにより、色データの明度および色相を変更することなく、彩度比率を一定に保つことができる。

【0126】

この場合、コスト E_v は、本実施形態において説明した式(10)を利用して計算される。なお、式(10)において、仮想CMYベクトル $V_{T'}$ は、 $(L_T' / L_{Tmax}) = (L_p / L_{pmax})$ を満たすベクトルである。このように、目的とする仮想CMYにおける点Tが、 $(L_T / L_{Tmax}) < (L_p / L_{pmax})$ を満たす場合は、 $(L_T' / L_{Tmax}) = (L_p / L_{pmax})$ を満たす点T' に対して、式(10)を利用することにより、平滑化前後における色データの彩度比率を一定に保つことができる。

【0127】

第2変更例

次に、目的の仮想CMYから離れることでのコスト E_v の計算方法の第2変更例について説明する。第2変更例は、彩度比率を一定に保つという点で第1変更例と同様であるが、本例においては、平滑化前のグリッドの色データが、最大彩度を示す場合にのみ、第1変更例と同様の処理を施す。

【0128】

これにより、平滑化前のグリッドの色データが最大彩度を示す場合に、平滑化後の色データにおいても最大彩度を保つことができる。

【0129】

第3変更例

次に、目的の仮想CMYから離れることでのコスト E_v の計算方法の第3変更例について説明する。第3変更例は、彩度比率を一定に保つという点で第1及び第2変更例と同様であるが、第3変更例においては、平滑化前のグリッドの色データが、当該色データを構成するCMYのうち少なくとも一色を有さない場合に、平滑化前後の色データにおける彩度比率がほぼ一定に保たれる。

【0130】

図10を参照して、第3変更例における E_v の計算について説明する。図10は、図9と同様にCM平面と、CM平面に投影された明度軸100とを示す。図10に示すグリッドpの色座標は $(C_p, 0, Y_p)$ であり、要素色CMYのうちMを含まない。従って、目的とする仮想CMYにおける点T（色座標 (C_T, M_T, Y_T) ($M_T \neq 0$)）が $(L_T / L_{Tmax}) < (L_p / L_{pmax})$ を満たす場合、彩度が低下し、さらに、平滑化前の色データに含まれない要素色Mを含んでしまう。しかし、第3変更例によれば、 $(L_T' / L_{Tmax}) = (L_p / L_{pmax})$ を満たすような点T'、すなわち色座標 $(C_T', 0, Y_T')$ の点T'の座標を点Tの座標にかえて目的とする仮想CMYの座標とする。従って、平滑化後の色データが、平滑化前の色データに含まれない要素色を含まないようにすることができるとともに、平滑化前後における色データの彩度を一定に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態にかかる色補正テーブル生成装置の機能ブロック図である。

【図2】

本発明による色補正テーブル生成装置および画像処理装置の具体的ハードウェア構成例を示す概略ブロック図である。

【図3】

本発明の一実施形態にかかる画像処理装置の機能ブロック図である。

【図4】

画像処理装置の処理を説明するためのフローチャートである。

【図5】

色補正テーブル生成装置の処理を説明するためのフローチャートである。

【図6】

図5のS25における処理を説明するためのフローチャートである。

【図7】

インク量のねじれ量ベクトルの定義を説明するための図である。

【図8】

仮想CMY空間におけるグリッドp、グリッドTおよびグリッドT'を示す図である。

【図9】

第1変更例における仮想CMY空間におけるグリッドp、グリッドTおよびグリッドT'を示す図である。

【図10】

第3変更例における仮想CMY空間におけるグリッドp、グリッドTおよびグリッドT'を示す図である。

【符号の説明】

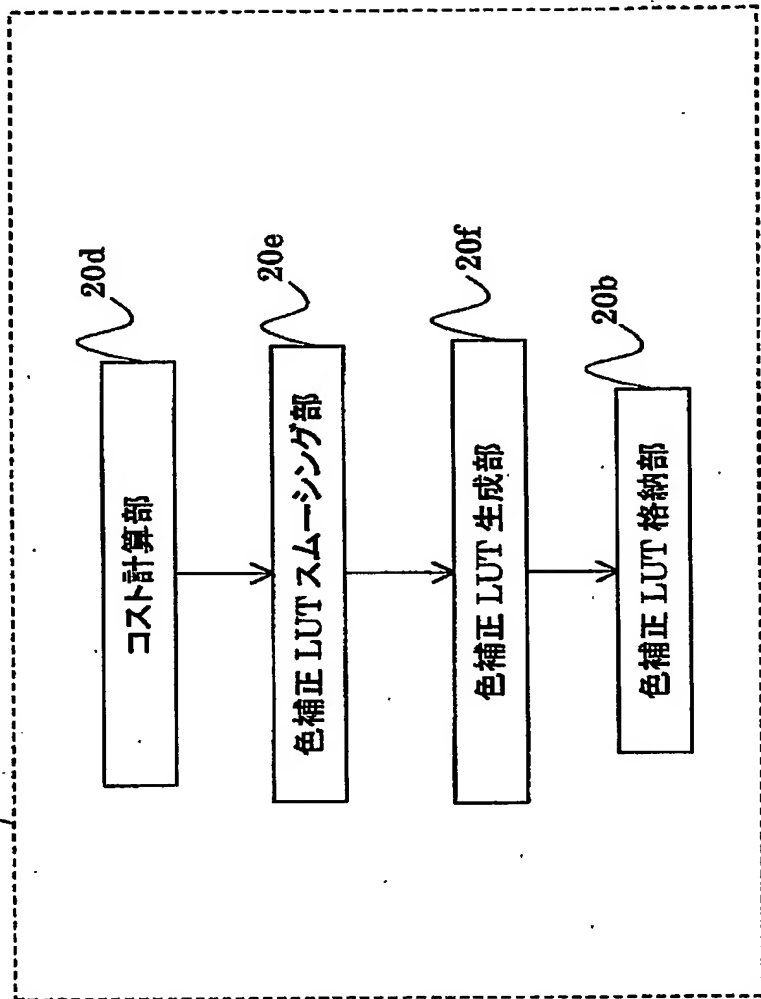
- 11a スキャナ
- 11b デジタルスチルカメラ
- 11c ビデオカメラ
- 12 コンピュータ本体
 - 12a オペレーティングシステム
 - 12b ディスプレイドライバ
 - 12c プリンタドライバ
 - 12d アプリケーション
- 13a フロッピーディスクドライブ

- 1 3 b ハードディスク
- 1 3 c CD-ROMドライブ
- 1 4 a モデム
- 1 5 a キーボード
- 1 5 b マウス
- 1 7 a ディスプレイ
- 1 7 b カラープリンタ
- 1 7 c プロジェクタ
- 2 0 A 第1色補正テーブル生成装置
- 2 0 B 画像処理装置
- 2 0 a 色補正部
- 2 0 b 色補正LUT格納部
- 2 0 c 色補正LUT選択部
- 2 0 d コスト計算部
- 2 0 e 色補正LUTスムーシング部
- 2 0 f 色補正LUT生成部

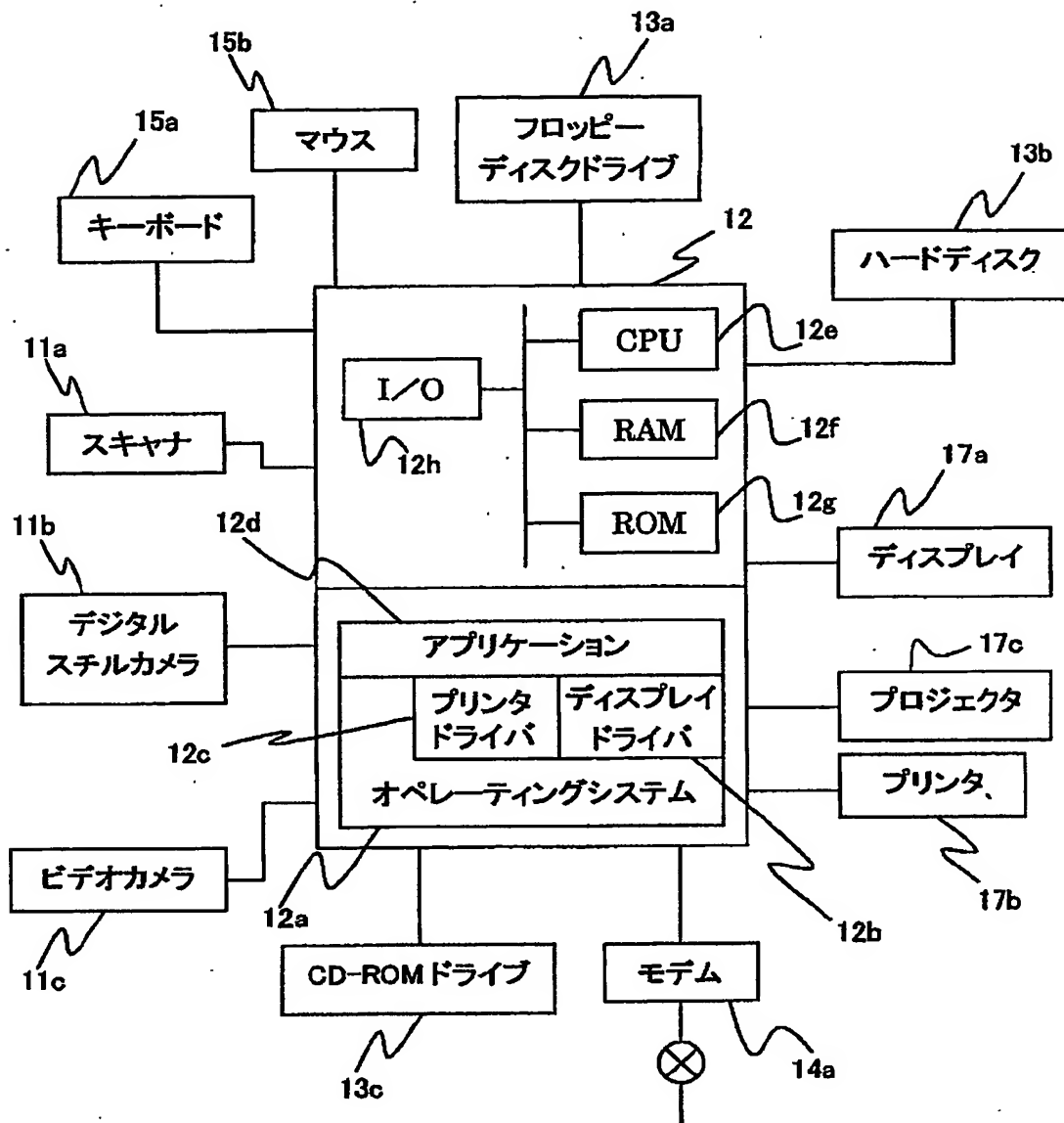
【書類名】 図面

【図 1】

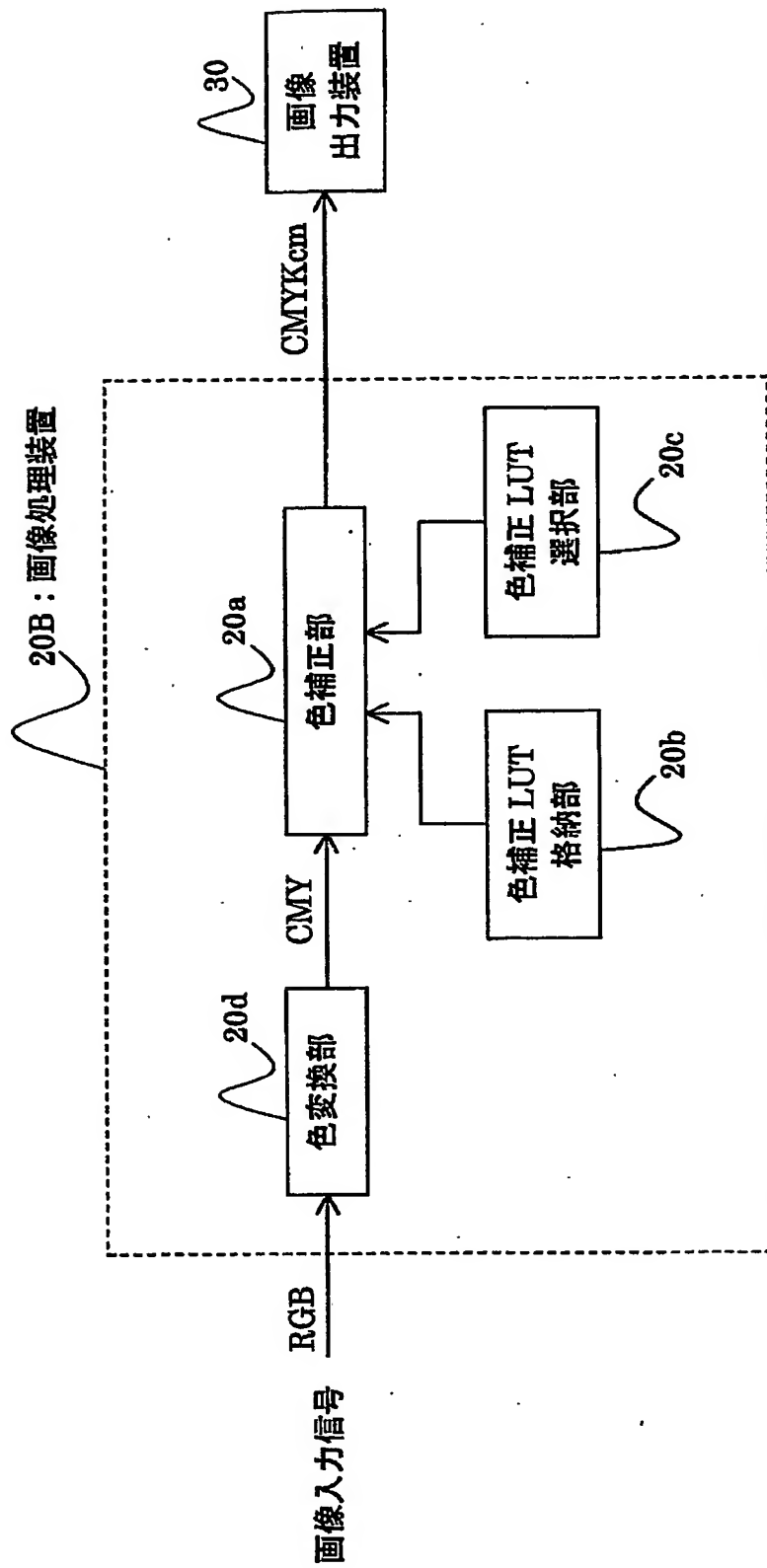
20A：色補正テーブル生成装置



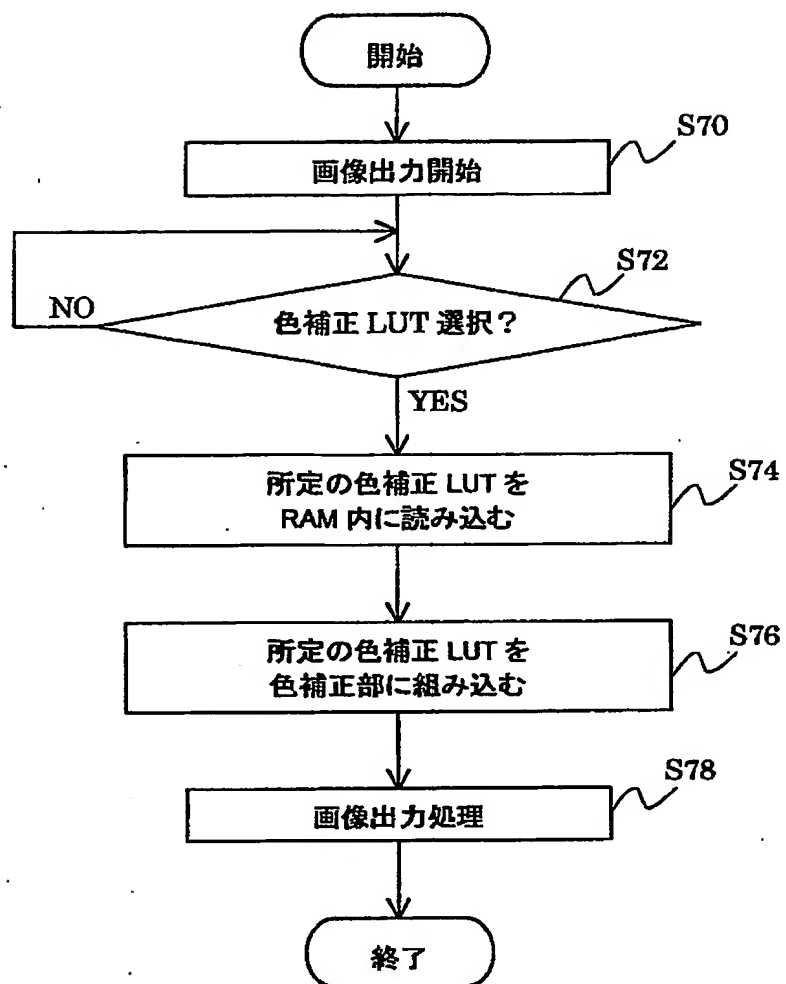
【図 2】



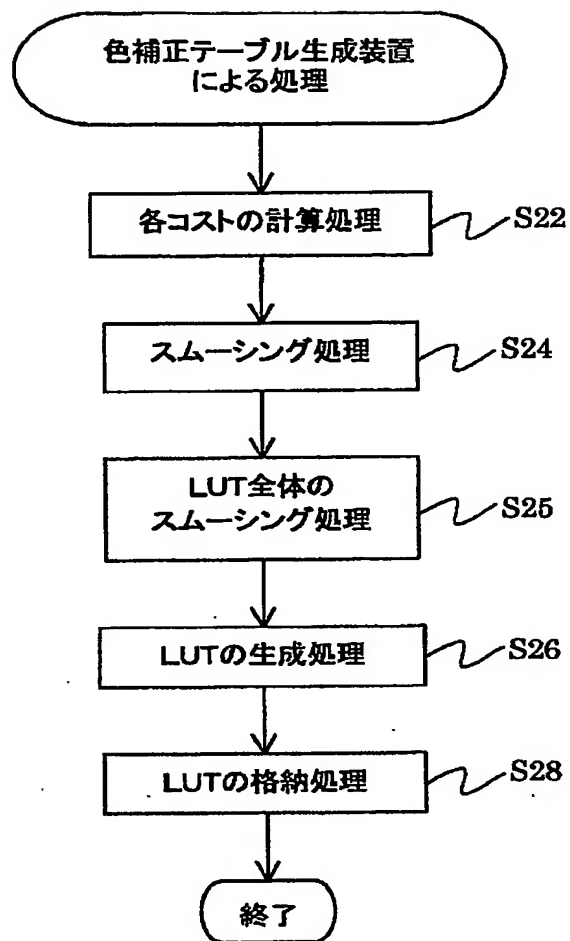
【図 3】



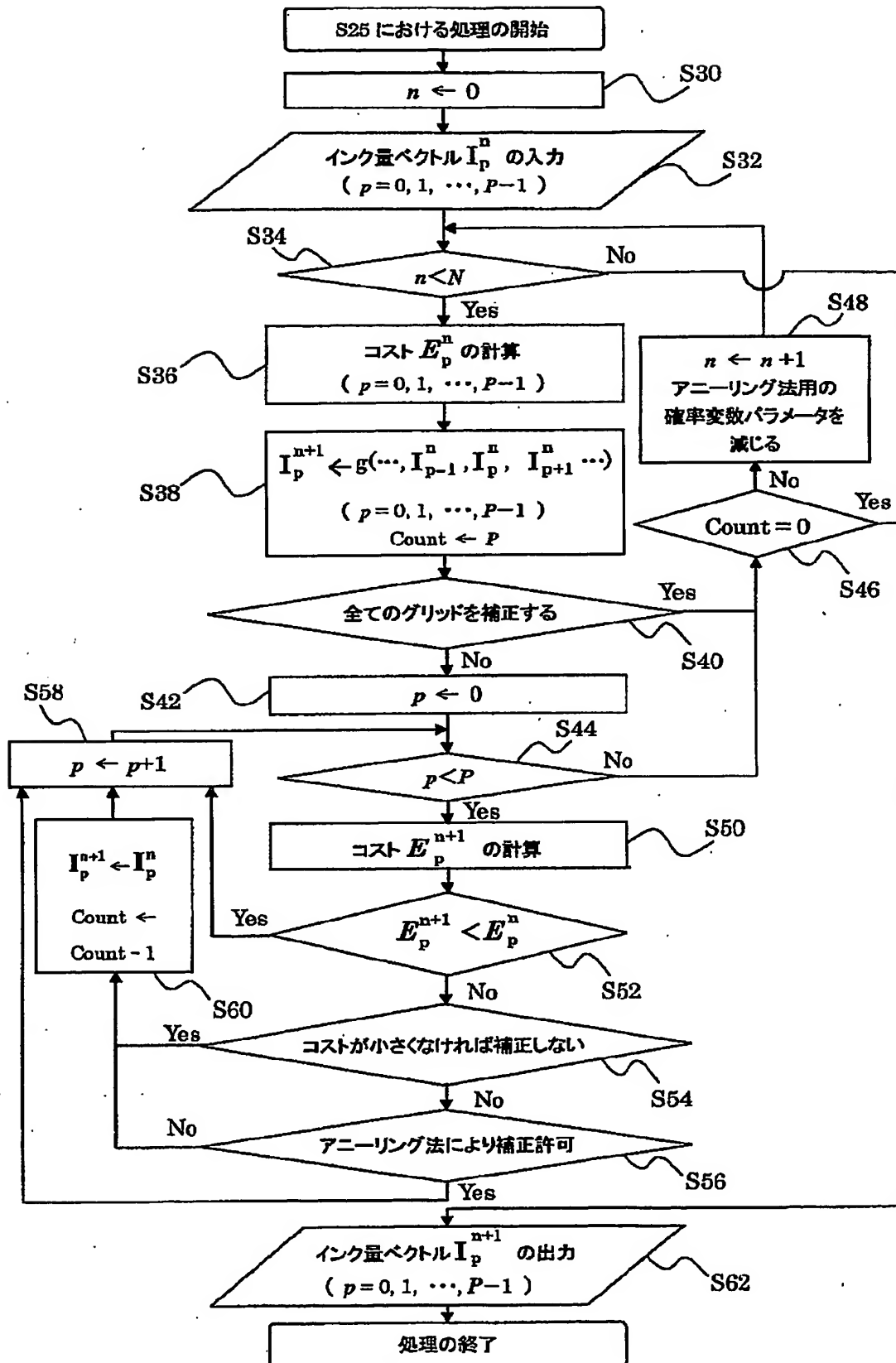
【図4】



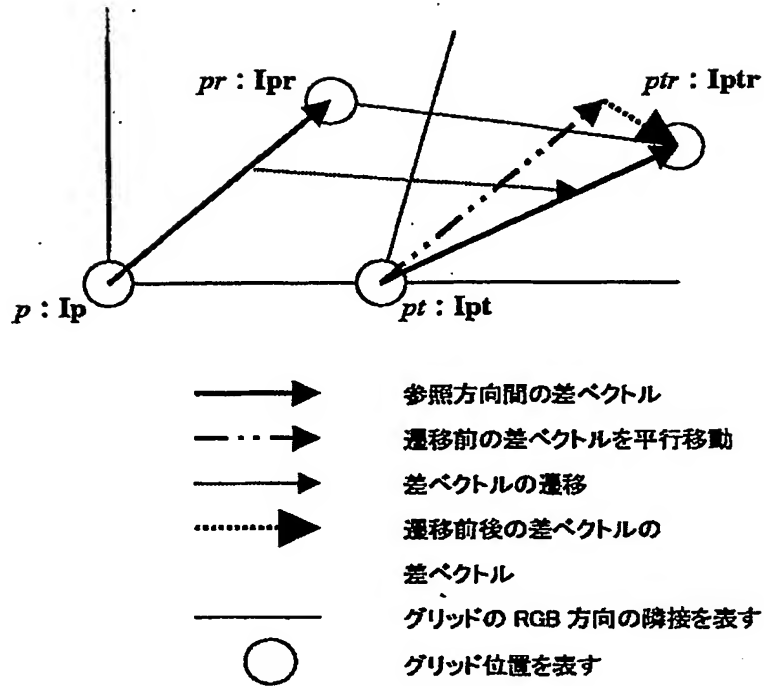
【図5】



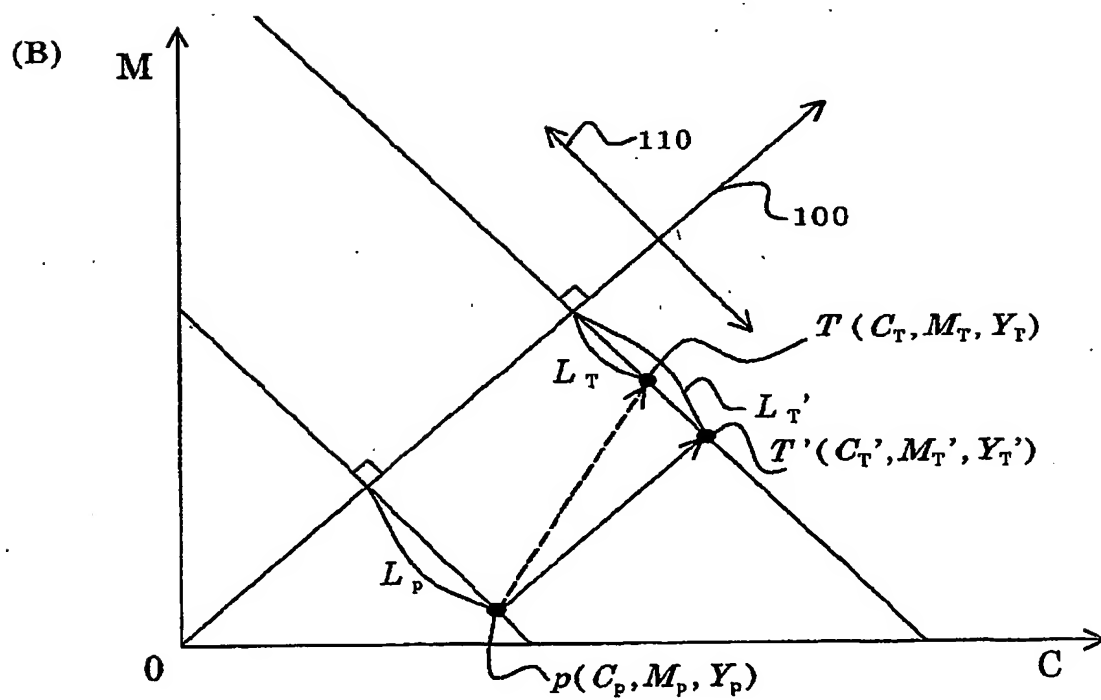
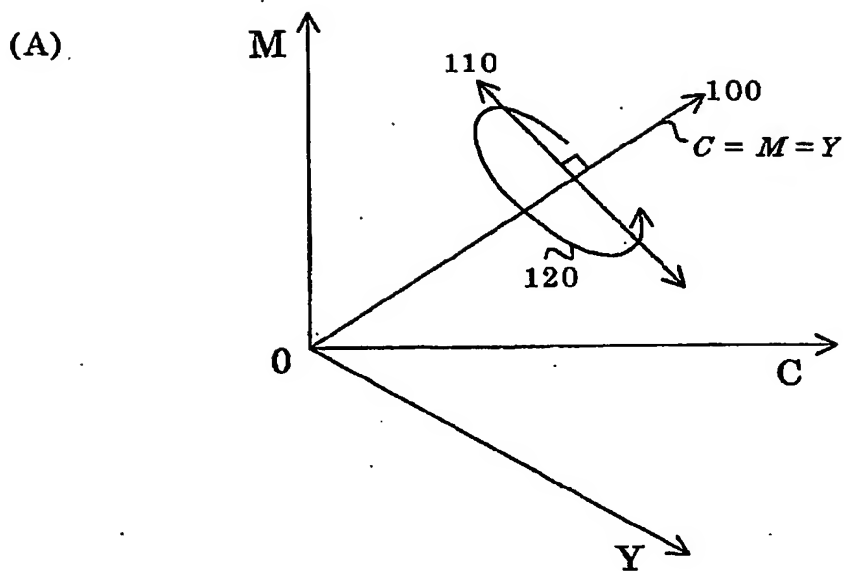
【図6】



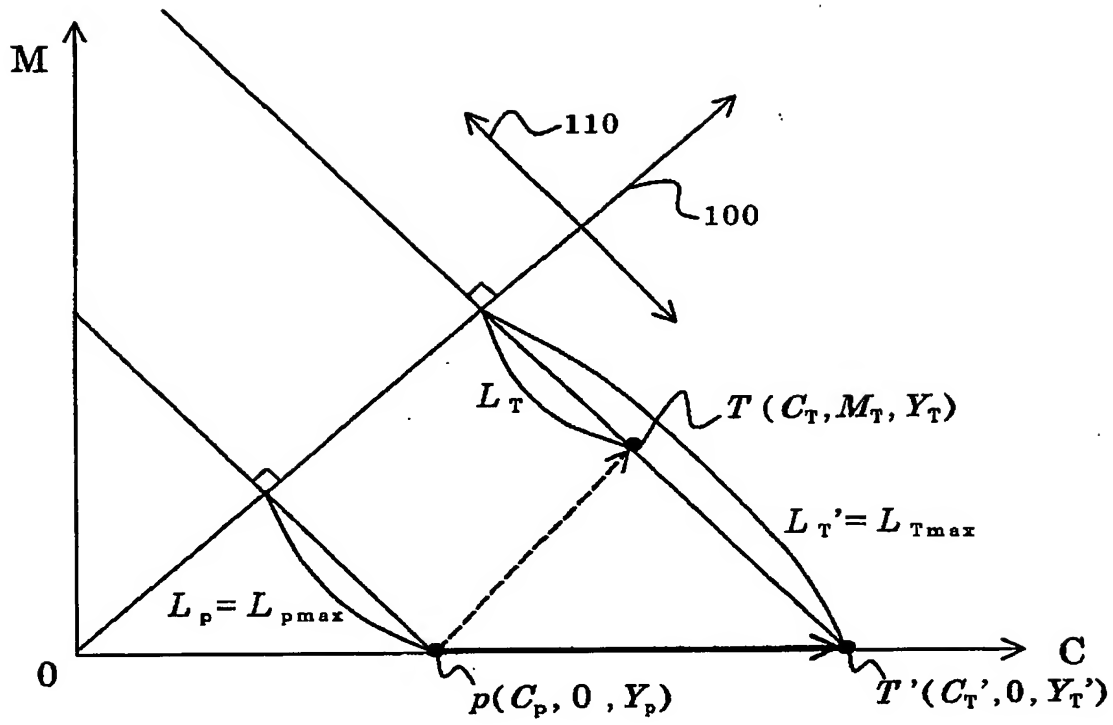
【図 7】



【図 8】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、画像データの色補正における連続性を高めつつ彩度を保つことができる色補正テーブルの生成方法、当該色補正テーブルを用いる画像処理装置、画像処理方法、プログラムおよび記録媒体を提供することを課題とする。

【解決手段】 本発明による画像処理装置 2 0 B は、色補正テーブルによる色変換後の各格子点の色データにおける平滑化の程度を評価するための平滑化程度評価関数を用いて生成され、かつ平滑化前後における各格子点の色データが示す彩度をほぼ一定に保つよう色変換する色補正テーブルを用いて画像処理を行う。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

氏 名 セイコーエプソン株式会社